

**PENGARUH METODE *TWO-STAGE MIXING APPROACH* (TSMA)
TERHADAP KUAT LENTUR BETON *POROUS* DENGAN VARIASI
KOMPOSISI AGREGAT KASAR DAUR ULANG (RCA)**

NASKAH TERPUBLIKASI

TEKNIK SIPIL

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



ADVEN JELIAN

NIM. 135060100111033

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2017

**PENGARUH METODE *TWO-STAGE MIXING APPROACH* (TSMA)
TERHADAP KUAT LENTUR BETON *POROUS* DENGAN VARIASI
KOMPOSISI AGREGAT KASAR DAUR ULANG (RCA)**

***(Effect of Two-Stage Mixing Approach (TSMA) on
the Flexural Strength of Porous Concrete with Variations Composition of Recycled
Coarse Aggregates (RCA))***

Adven Jelian, Eva Arifi, Ming Narto Wijaya

Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Jawa Timur, Indonesia
Email : insinyuradven@gmail.com

ABSTRAK

Genangan air sering terjadi karena kurangnya penyerapan pada lapisan perkerasan jalan. Oleh karena itu lapisan perkerasan jalan harus mampu menyerap air dan beton *porous* merupakan solusinya. Penggunaan agregat kasar daur ulang atau *recycled coarse aggregate* (RCA) pada beton *porous*, lebih ramah lingkungan. Namun, RCA memiliki pori-pori yang besar. Salah satu solusi untuk memperbaiki RCA, adalah *Two-Stage Mixing Approach* (TSMA). Penggunaan metode TSMA mampu memperbaiki *interfacial zones* (ITZ) pada RCA. Balok dengan dimensi 15 cm x 15 cm x 53 cm digunakan pada percobaan untuk mengevaluasi kekuatan lentur beton berpori menggunakan RCA 0%, 25%, 50%, 75%, 100% dengan metode pencampuran *Normal Mixing Approach* (NMA) dan TSMA. Beban maksimum yang diperoleh adalah 2.3320 Mpa dengan menggunakan metode NMA dengan komposisi RCA 0%. Sementara beban minimum kuat lentur diperoleh dari 50% RCA dengan menggunakan metode pencampuran TSMA sebesar 1.4064 Mpa. Dari hasil percobaan, metode TSMA menunjukkan efek yang tidak signifikan terhadap agregat kasar daur ulang pada beton porous. Hal ini disebabkan penyerapan air agregat alam lebih tinggi dibandingkan dengan agregat kasar daur ulang.

Kata kunci : Beton *porous*, kuat lentur, agregat kasar daur ulang, *Two-Stage Mixing Approach* (TSMA)

ABSTRACT

Surface run off often occurs due to the lack of absorption in the pavement layer. Therefore a road pavement layer that is able to absorb water is needed and porous concrete as a solution as it. The use of recycled coarse aggregate in porous concrete is more environmentally friendly. However, recycled coarse aggregates has large pores. One of the solution to improve the RCA performance is Two-Stage Mixing Approach (TSMA). TSMA method improves the Interfacial Transition zone (ITZ) of RCA. Beams with dimension of 15x15x53 cm were used on the experiment to evaluate the flexural strength of porous concrete using RCA, with 0%, 25%, 50%, 75%, 100% composition using Normal Mixing Approach (NMA) and Two-Stage Mixing Approach (TSMA). Maximum load was 2,3320 Mpa achieved by using Normal Mixing Approach (NMA) method with 0% RCA. While minimum load of flexural strength was 1,4064 Mpa retained by 50% RCA using Two-Stage Mixing Approach (TSMA). TSMA method has insignificant effect on recycled coarse aggregate, due to high water absorption of natural coarse aggregate compared to recycled coarse aggregate.

Keywords : Porous concrete, flexural strength, recycled coarse aggregate, *Two-Stage Mixing Approach* (TSMA)

PENDAHULUAN

Pada saat ini masalah yang terjadi disaat musim hujan terutama dijalan perkotaan, banyak menyebabkan genangan air (Trisnoyuwono, 2014). Pembangunan jalan maupun penggunaan lahan untuk pemukiman membuat ruang terbuka hijau menjadi semakin sedikit. Ruang terbuka hijau ini berfungsi untuk menyerap air atau sebagai resapan air. Maka diperlukan inovasi dengan menggunakan teknologi beton. Salah satunya adalah inovasi beton *porous* yang berfungsi untuk mengurangi lapisan air diatas permukaan jalan.

Beton merupakan material yang sering diproduksi saat ini. Beton yang sudah tidak digunakan bisa menyebabkan munculnya limbah beton. Diperlukan inovasi untuk mengurangi limbah beton ini, salah satunya adalah penggunaan beton untuk dijadikan agregat. Agregat ini dinamakan agregat kasar daur ulang/*recycled coarse aggregate* (RCA). RCA mempunyai nilai ekonomis yang tinggi dan menghemat persediaan agregat yang ada di alam.

Teknologi penggunaan agregat kasar daur ulang masih mempunyai beberapa kelemahan. Penggunaan agregat kasar daur ulang pada beton memiliki keterbatasan pemanfaatan, karena agregat ini masih mengandung mortar dari beton asli yang membuat agregat menjadi lebih berpori dan mempunyai daya serap tinggi jika dibandingkan dengan agregat alami (Arifi, 2015). Sehingga diperlukan metode *Two-Stage Mixing Approach* (TSMA) untuk memperbaiki kelemahan beton yang menggunakan agregat daur ulang (Tam et al, 2007). Metode ini mampu mengisi retakan lama dan *void* yang terjadi selama proses penghancuran beton melalui permukaan agregat daur ulang yang telah terlapisi lapisan tipis bubuk semen.

TUJUAN

Penelitian ini mempunyai tujuan untuk mengetahui hubungan antara

komposisi agregat kasar daur ulang sebesar 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% dengan agregat alam terhadap kuat lentur beton *porous* dan mengetahui perbedaan penggunaan RCA pada beton *porous* dengan menggunakan metode TSMA dengan NMA. Selain itu juga untuk mengetahui komposisi optimal RCA terhadap kuat lentur beton *porous* dengan dua metode, yaitu metode TSMA dan NMA.

TINJAUAN PUSTAKA

Beton Porous

Beton *porous* memiliki banyak nama, diantaranya adalah beton tanpa agregat halus (*zero-fines concrete*), beton yang dapat tembus (*pervious concrete*), dan beton berpori (*porous concrete*) (Harber, 2005). Beton *porous* tidak menggunakan agregat halus atau bisa menggunakan sedikit agregat halus, agar mempunyai lubang atau pori yang dapat ditembus oleh air. Beton *porous* lebih dominan pada penggunaan agregat kasar, dimana agregat kasar harus memiliki gradasi yang hampir sama. Karena beton *porous* memiliki kekuatan yang lebih lemah dibandingkan beton konvensional, penggunaan beton *porous* sangatlah terbatas.

Agregat kasar alam

Agregat kasar alam atau *Natural Coarse Aggregate* (NCA) adalah agregat yang diperoleh secara langsung dari alam, dan akan mengalami pemecahan, sehingga batuan tersebut berbentuk kerikil (Amri, 2005). Dalam pemecahan batu yang ada di alam akan menghasilkan agregat halus dan agregat kasar. Untuk menentukan ukuran yang diinginkan, agregat kasar harus disaring terlebih dahulu dengan butiran yang tertinggalayakan 5,0 mm (BS.812, 1976).

Agregat Kasar Daur Ulang

Agregat kasar daur ulang atau *Recycled Coarse Aggregate* (RCA) merupakan agregat yang didapatkan dari pemecahan beton yang sudah tidak terpakai atau proses daur ulang beton. Agregat yang sudah didapatkan dari proses daur ulang belum tentu sepenuhnya murni agregat, karena masih ada kandungan mortar dari sisa-sisa beton lama. Berdasarkan hasil studi eskperimental, agregat kasar daur ulang memiliki mortar sebesar 25 hingga 45% untuk agregat kasar, dan 70 hingga 100% untuk agregat halus (Bardosono & Herbudiman, 2010). Sifat-Sifat mekanis dan kualitas yang dimiliki agregat kasar daur ulang sudah berbeda dengan agregat kasar yang berasal dari alam. Agregat kasar daur ulang memiliki mortar dari sisa-sisa beton lama/beton asli. Agregat kasar dari beton daur ulang mempunyai permukaan lebih licin dan waktu pencetakan mengalami proses pengerasan yang lebih cepat, jika dibandingkan dengan agregat kasar alam (Kuddu & Syavir, 2014). RCA memiliki pori-pori yang lebih besar dibandingkan NCA.

Faktor air semen

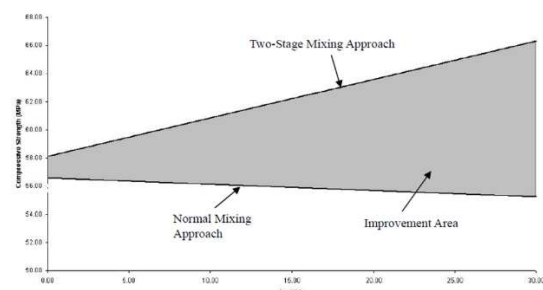
Faktor air semen adalah salah satu faktor yang mampu mempengaruhi kekuatan beton. Penggunaan faktor air semen yang terlalu tinggi bisa mengakibatkan pasta semen menjadi cair dan menyebabkan pengendapan pasta semen di dasar, sedangkan terlalu rendah akan membuat pasta tidak cukup melapisi agregat (Ginting, 2015). Beton *Porous* memiliki volume pori yang tinggi dan peran optimal faktor air semen sangat penting. Porsi air yang berlebihan akan menyebabkan semen akan sulit merekat ke permukaan agregat (Trisnoyuwono, 2015). Beton yang kuat diperoleh dengan menggunakan jumlah air yang minimal konsisten dengan derajat workabilitas yang dibutuhkan untuk memberikan

kepadatan maksimal (Murdock & Brook, 1991).

Two-Stage Mixing Approach (TSMA)

Two-Stage Mixing Approach (TSMA) merupakan metode dimana penggunaan air yang diperlukan dibagi dua untuk ditambahkan di waktu yang berbeda. TSMA berguna untuk meningkatkan kekuatan beton agregat daur ulang. Air awal digunakan untuk pembentukan lapisan tipis bubur semen pada permukaan agregat daur ulang untuk mengisi retakan lama dan *void* yang terjadi selama proses penghancuran beton (Tam et al, 2005).

Interfacial Transition Zone (ITZ) antara agregat dengan mortar (campuran pasir, semen dan air) merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi mutu beton. Dalam beton, ITZ antara pasta semen dan agregat mempunyai peran yang penting (Tam et al, 2007). RCA memiliki ITZ yang lebih lemah dibandingkan NCA karena RCA memiliki pori-pori dan retakan yang lebih besar. Pori-pori dan retakan yang ada pada RCA menyebabkan konsumsi air menjadi lebih banyak dan menyebabkan kekurangan air ketika proses hidrasi di ITZ. RCA memiliki dua ITZ, yang pertama adalah antara RCA dengan pasta semen yang baru dan yang ke dua adalah antara RCA dengan Mortar yang sudah melekat pada agregat (Tam et al, 2007). Semakin kuat ikatan antara agregat, kekuatan beton juga akan meningkat.



Gambar 1. Perbedaan kuat tekan beton antara metode TSMA dan NMA.

sumber: Vivian W.Y. Tam (2007)

Kuat Lentur

Kuat Lentur beton merupakan salah satu pengujian karena menjadi acuan dasar dalam perencanaan struktur bangunan sipil. Kuat lentur yang ada pada beton dapat diketahui dengan pembebanan pada balok dengan arah transversal (Marastuti et al, 2014). Kuat lentur yang dialami pada beton akan dialami pada bagian serat bawah balok beton dan disebut sebagai *modulus of rupture*, yang besarnya tergantung pada panjang balok dan jenis pembebanan (Marastuti et al, 2014). Balok biasanya akan mengalami pecah pada tarikan karena kekuatan tarik sangat rendah dibanding dengan kuat tekannya. Menurut SNI 03-4431-2011, besarnya kuat lentur dapat ditentukan dengan persamaan:

$$\sigma = \frac{p \cdot L}{b \cdot h^2}$$

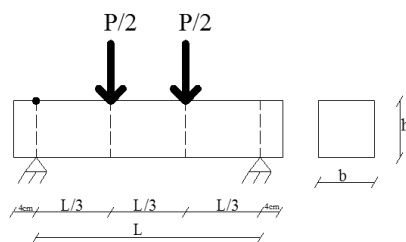
dimana;

σ = kuat lentur beton umur rencana (Mpa)

P = beban tertinggi yang terbaca pada mesin (Ton)

L = Jarak (bentang) antara dua garis perletakan (mm)

b = lebar tampang lintang patah pada arah horizontal (mm)



Gambar 2. Garis perletakan uji pembebanan 2 titik pada balok
Sumber: SNI 03-4431-2011

METODE PENELITIAN

Agregat Kasar

Agregat kasar alam berasal dari sawojajar Malang. Sedangkan agregat kasar daur ulang berasal dari pemecahan beton bekas benda uji yang memiliki kekuatan K175-K225. Agregat kasar

digunakan ukuran 0,5 cm-1 cm untuk mendapatkan ukuran yang seragam. Pengujian karakteristik yang dimiliki material agregat kasar alam dan agregat kasar daur ulang diperlukan untuk mengetahui penyerapan agregat. Penyerapan yang dimiliki agregat kasar alam dan agregat kasar daur ulang dapat dilihat di **Tabel 1**

Tabel 1. Penyerapan agregat kasar

Jenis	Penyerapan (%)
Agregat Kasar Alam	14.32
Agregat kasar daur ulang	5.18

Penyerapan agregat kasar alam lebih besar dibandingkan agregat kasar daur ulang. Hal ini menyebabkan agregat kasar alam memerlukan banyak air untuk mengisi rongga rongga yang ada. Sehingga mutu agregat kasar daur ulang lebih baik dibandingkan agregat alam.

Prosedur Pengujian

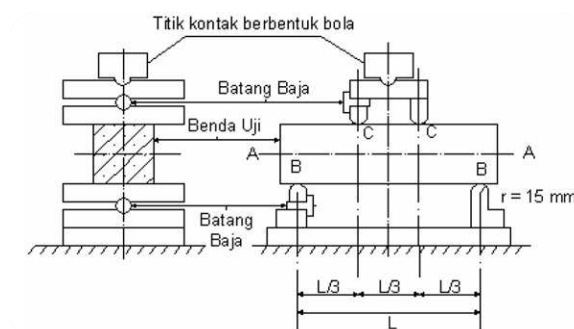
Percobaan ini dilakukan dengan 3 sampel tiap variasi. Semua benda uji menggunakan faktor air semen 0,3 dan variasi komposisi campuran *Natural Coarse Aggregate* (NCA) 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% terhadap *Recycled Coarse Aggregate* (RCA). Metode pencampuran digunakan 2 metode, yaitu NMA dan TSMA. Metode TSMA menggunakan pencampuran yang berbeda dari metode NMA. Dimana pencampuran pertama menggunakan 50% air terlebih dahulu dicampur dengan semua agregat kasar, setelah itu pencampuran kedua ditambahkan semen, lalu ditambahkan sisa airnya. Faktor-faktor yang digunakan dalam penelitian bisa dilihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Faktor Penelitian

Faktor	Taraf/Level	Keterangan
A (Komposisi RCA terhadap NA)	A ₀	0%
	A ₁	25%
	A ₂	50%

	A ₃	75%
	A ₄	100%
B (Metode Pencampuran)	C ₀	NMA
	C ₁	TSMA

Balok yang digunakan untuk benda uji, mempunyai ukuran lebar 15 cm, tinggi 15 cm dan panjang 53 cm. Uji pembebanan lentur dilakukan dengan menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM). Pembebanan menggunakan 2 titik beban yang berjarak 15 cm dari tumpuan dan mempunyai jarak 45 cm antar tumpuan. Dalam pembebanan digunakan load cell untuk mengukur besarnya beban yang terjadi pada balok. Perletakan benda uji dan pembebanan bisa dilihat di **Gambar 3**.



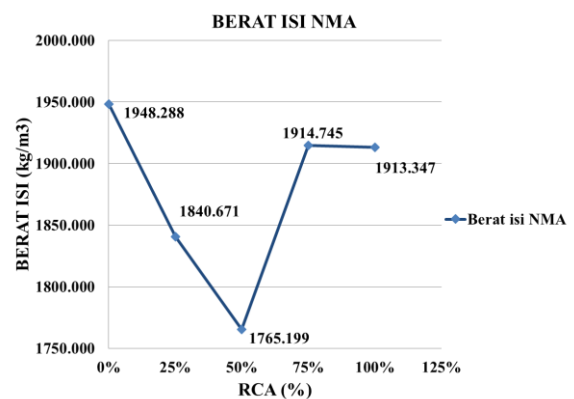
Gambar 3. Perletakan, benda uji dan pembebanan
Sumber: SNI 03-4431-2011

HASIL DAN PEMBAHASAN

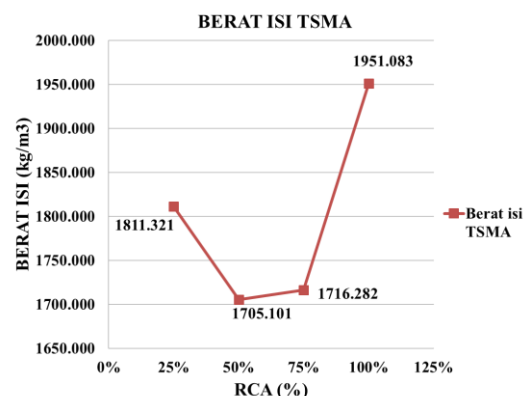
Berat Isi Beton *Porous*

Berat isi beton *porous* didapatkan dari volume dan berat benda uji beton *porous*. Benda uji beton ditimbang dengan timbangan digital setelah mempunyai umur 28 hari. Tiap sampel memiliki berat yang relatif berbeda. Kerapatan masing masing sampel memiliki variasi yang membuat berat berbeda. NMA mempunyai berat isi tertinggi pada 0% RCA dengan nilai 1948.288 kg/m³ yang ditunjukkan pada **Gambar 4**. Sedangkan hasil berat isi pada TSMA mempunyai nilai tertinggi pada 100% RCA dengan nilai 1951.083 kg/m³

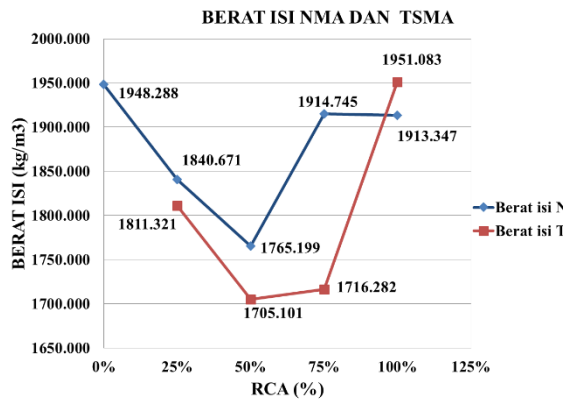
dan dapat dilihat di **Gambar 5**. Berat isi pada TSMA mempunyai nilai yang lebih besar jika dibandingkan dengan NMA. Berat isi pada komposisi 25%, 50% dan 75 %, NMA mempunyai berat isi yang lebih besar dibandingkan TSMA. Namun, pada RCA 100 % TSMA mempunyai nilai berat isi lebih besar dibandingkan NMA yang ditunjukkan pada **Gambar 6**. Namun rata-rata berat isi pada NMA mempunyai nilai yang lebih besar dibandingkan TSMA. Hal itu disebabkan oleh faktor pemadatan yang berbeda-beda pada benda uji.



Gambar 4. Hasil berat isi metode NMA



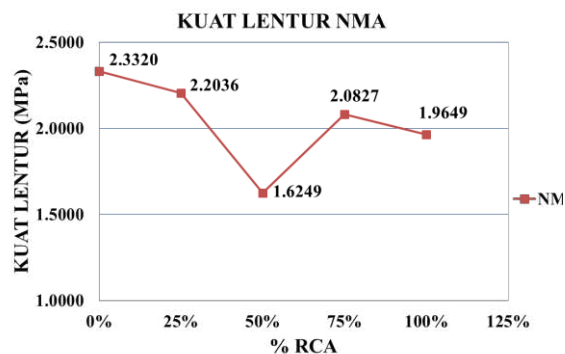
Gambar 5. Hasil berat isi metode TSMA



Gambar 6. Perbandingan hasil berat isi metode NMA dan TSMA

Uji Kuat Lentur Beton *Porous*

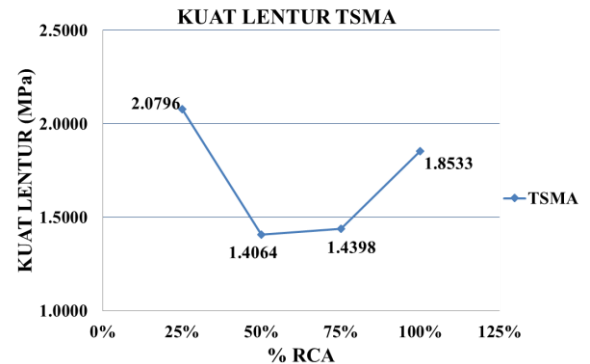
Pengujian dilakukan pada 27 benda uji. TSMA pada 0% RCA tidak ada, karena agregat kasar daur ulang tidak digunakan pada variasi tersebut. Dari Hasil Kuat lentur yang dihasilkan dengan metode NMA bisa dilihat pada **Gambar 7**. Pada kuat lentur NMA (Normal Mixing Approach) Komposisi 0% RCA atau benda uji A0C0 mempunyai nilai yang paling tinggi yaitu sebesar 2.3320 MPa. Sedangkan komposisi 50%RCA atau benda uji A2C0 mempunyai nilai yang paling rendah diantara sampel yang menggunakan metode NMA, yaitu sebesar 1.6249 MPa.



Gambar 7. Hasil kuat lentur metode NMA

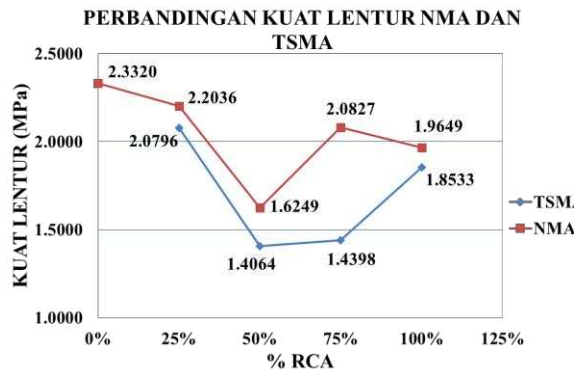
Hasil kuat lentur menggunakan metode TSMA bisa dilihat di **Gambar 8**. Pada kuat lentur TSMA Komposisi 25% RCA atau benda uji A1C1 mempunyai nilai yang paling tinggi

diantara sampel TSMA yaitu sebesar 2.0796 MPa. Sedangkan komposisi 50%RCA atau benda uji A2C1 mempunyai nilai yang paling rendah diantara sampel yang menggunakan metode TSMA yaitu sebesar 1.4064 MPa.



Gambar 8. Hasil kuat lentur metode TSMA

TSMA dan NMA mempunyai nilai kuat lentur yang berbeda. Perbandingan kuat lentur NMA dan TSMA dapat dilihat pada **Gambar 9**. NMA mempunyai nilai kuat lentur lebih besar jika dibandingkan dengan metode TSMA. Nilai kuat lentur terbesar ditunjukkan pada komposisi 0% RCA yang menggunakan metode NMA dengan nilai kuat lentur sebesar 2.3320 Mpa dan mempunyai nilai kuat lentur terkecil ditunjukkan pada komposisi 50% RCA yang menggunakan metode TSMA dengan nilai kuat lentur sebesar 1.4064 Mpa. Dalam hal ini metode TSMA tidak berpengaruh signifikan pada RCA. Nilai kuat lentur pada NMA lebih besar dibandingkan metode TSMA karena metode pencampuran tanpa menggunakan agregat halus, sehingga metode TSMA belum bisa mengisi pori pori yang ada pada RCA.



Gambar 9. Perbandingan hasil kuat lentur metode NMA dan TSMA

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan untuk mengetahui pengaruh metode TSMA terhadap kuat lentur beton porous dengan variasi komposisi agregat kasar daur ulang didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Metode TSMA tidak berpengaruh signifikan terhadap berat isi beton porous. Metode TSMA memiliki rata-rata berat isi yang lebih kecil dengan nilai 1795.95 kg/m^3 dan metode NMA sebesar 1876.45 kg/m^3 .
2. Metode TSMA tidak signifikan meningkatkan kualitas RCA. Karena nilai Kuat Lentur beton porous pada benda uji dengan metode TSMA memiliki nilai Kuat lentur yang lebih kecil jika dibandingkan metode NMA.
3. Nilai kuat lentur paling rendah adalah 50% RCA atau kombinasi seimbang antara jumlah agregat alam dan agregat daur ulang dengan metode TSMA yang mempunyai nilai sebesar 1.4064 Mpa.
4. Nilai kuat lentur yang paling maksimal adalah komposisi dengan menggunakan komposisi 0% RCA atau komposisi 100% agregat alam yang menggunakan metode *Normal mixing approach* (NMA) dengan nilai sebesar 2.3320 Mpa.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, S., (2005). *Teknologi Beton A-Z*. Jakarta: Yayasan John Hi-Tech Idetama
- Arifi, E. (2015). *Pemanfaatan Fly Ash Sebagai Pengganti Semen Parsial Untuk Meningkatkan Performa Beton Agregat Daur Ulang*. *Rekayasa Sipil*. IX (3) 229-235.
- ASTM C-33 (2002). *Standard Specification for Concrete Aggregates*. ASTM International.
- Bardasono, H & Herbudiman, B.(2010). *Pemanfaatan Beton Daur Ulang Sebagai Substitusi Agregat Kasar Pada Beton Mutu Tinggi*. Konferensi Nasional Teknik Sipil 4.
- Badan Standarisasi Nasional, 2011. *Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal Dengan Dua Titik Pembebanan (SNI 03-4431-2011)*. Jakarta, Indonesia.
- BSI 812 (1976). *Testing Aggregates, Methods for Determination of Chemical Properties*. British Standard Institution.
- El-Reedy, M. A. (2009). *Advanced Materials and Techniques for Reinforced Concrete Structures*. Dunfermline, UK: CRC Press.
- Ginting, A. (2015). Pengaruh Rasio Agregat Semen Dan Faktor Air Semen Terhadap Kuat Tekan Dan Porositas Beton Porous, *JURNAL TEKNIK*. V (1): 1-9
- Ginting, A. (2015). Kuat Tekan dan Porositas Beton Porous Dengan Bahan Pengisi Styrofoam. *Jurnal Teknik Sipil*. XI (2): 76-98
- Ginting, A. (2015). Perbandingan Kuat Tekan Dan Porositas Beton Porous Menggunakan Agregat Kasar Bergradasi Seragam Dengan Gradasi Menerus, *JURNAL TEKNIK*. I (1): 377-383

- Harber, P. J. (2005). *Applicability of No-Fines Concrete as a Road Pavement*. Southern Queensland, University of Southern Queensland Faculty of Engineering and Surveying.
- Marastuti, P., Tjahjono, E. dan Arijoeni, E. (2014). Penggunaan Agregat Kasar Daur Ulang dari Limbah Beton Padat dengan Mutu K350-K400 terhadap Kuat Tekan, Kuat Lentur, dan Susut pada Beton. FT-UI
- Mulyati & Arman, A. (2014). Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar Dan Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Beton Normal, Jurnal Momentum. XVI (2):1-7
- Mulyono, Tri. (2004). Teknologi Beton. Yogyakarta : ANDI
- Murdock, L.J. & Brook, K.M. (1991) Concrete Materials And Praticce, Jilid I. Cetakan II. Terjemahan Stephanus H. Jakarta:Penerbit Airlangga.
- Nugraha, Paul., Antoni. (2007). Teknologi Beton. Yogyakarta : ANDI
- Kuddu, D. & Syavir, M.L. Kuat Tekan Beton Daur Ulang sebagai Bahan Struktur pada Bangunan Sederhana. (2013). Temu Ilmiah IPLBI 2013.
- Tam, W. Y. V., Gao, X. F. & Tam, C. M. (2005). *Microstructural Analysis Of Recycled Aggregate Concrete Produced From Two-Stage Mixing Approach*. Cement and Concrete Research Journal.
- Tam, W. Y. V., Tam, C. M., & Wang, Y. (2007). *Optimization on Proportion for Recycled Aggregate in Concrete Using Two-Stage Mixing Approach*. Construction and Building Materials Journal.
- Tjokrodinuljo, K. (1996). Teknologi Beton. Yogyakarta: Nafiri
- Trisnoyuwono, D. (2015). Pengaruh Penambahan Fly Ash Terhadap Sifat Workability Dan Sifat Fisik - Mekanik Beton Non Pasir Dengan Agregat Alwa Asal Cilacap. Jurnal Rekayasa Sipil. IX(1): 29-36.
- Trisnoyuwono, D., (2014). Beton Non-Pasir. Yogyakarta: Graha Ilmu